

# 中国大陆构造中的西秦岭—松潘大陆构造结

张国伟, 郭安林, 姚安平

(西北大学 大陆动力学教育部重点实验室 西北大学地质系, 陕西 西安 710069)

**摘要:**位于中国大陆中部的西秦岭—松潘大陆构造结属于地壳尺度上的巨型构造。该巨型构造是在中国大陆完成其主体拼合过程中,在特提斯阿尔卑斯—喜马拉雅、太平洋和古亚洲及其后的环西伯利亚弧形构造三大构造动力学体系共同作用下,由构成中国大陆的主要造山带及地块交接汇聚而成,成为东西向的中国大陆中央造山系、近南北向的川滇—贺兰构造带和中新生代以来形成的青藏高原之间交接转换的关键构造域。在先期构造基础上,构造结形成具有东、西和北三个重要边界以及内部东北、东南、西南和南端等多个具体构造结点。其内部主干构造勉略—阿尼玛卿构造带又将其划作西秦岭和松潘地块南北两部分。西秦岭—松潘构造结主要形成于中国大陆印支主拼合期,并叠加印支期后陆内构造。构造结内组成与结构复杂,构造样式繁多,包含有丰富的中国大陆地质信息,实属研究中国大陆地质与大陆动力学不可多得的天然实验室。

**关键词:**西秦岭—松潘构造结;三大构造动力学体系;交接转换;印支期;东古特提斯域

**中图分类号:**P541 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-2321(2004)03-0023-10

大陆构造结代表了陆壳构造中不同构造系统(造山带与地块)的交汇、衔接和转换部位。一个构造结具有其空间分布、地表地质构造、物质组成和相应的深部背景及其独特的构造演化历史和动力学机制。大型构造结多发育在地壳内不同构造动力学体系复合部位。位于中国大陆中部的西秦岭—松潘大陆构造结(以下称西秦岭—松潘构造结)属于地壳尺度上的巨型构造,具有从地表到深部独特的地质与动力学特征。该构造结在中国大陆完成其主体拼合过程中,于特提斯阿尔卑斯—喜马拉雅、太平洋和古亚洲及其后的环西伯利亚弧形构造三大构造动力学体系共同作用下,由构成中国大陆各主要造山带与地块交接汇聚而成。它最终成为东西向的中国大陆中央造山系、近南北向的川滇—贺兰构造带和中、新生代以来形成与隆升的青藏高原之间交接转换的关键构造域。深入研究剖析西秦岭—松潘构造结对理解中国大陆地质演化和探索其深部动力学背景具有重要意义。

## 1 西秦岭—松潘构造结地质背景与特征

西秦岭—松潘构造结北以宝鸡—天水至青海湖—柴北缘为界,西至柴达木东缘瓦洪山并向南穿越昆仑山接甘孜—理塘一线,东至东西秦岭交接的宝成铁路沿线并向南接龙门山,南端又与甘孜—理塘一线交接,总体形成一倒三角形形态的中国大陆中纵横构造的汇聚区(图 1)。它主要包括了西秦岭和松潘地区,成为中国大陆构造中一独特的基本构造单元。

西秦岭—松潘构造结地质背景与主要特征是:(1)诸多地块和不同类型造山带汇聚交接转换区,特别是东西向横贯中国大陆的中央造山系与划分中国大陆东西的南北向川滇—贺兰构造带的交汇和青藏高原东北缘的跨越,奠定了构造结的基本构架。在东西向上,该构造结处于中国大陆东西从深部地幔到地表地质巨大差异变换地带,而在南北向上,又是代表中国南北大陆地质、地理、生态环境的分界的中央造山带中段。两者在该地区的交汇,构成了一幅复杂而壮观的东亚大陆构造结的图像。(2)构造结主要是在先期构造基础上于印支期形成,并于印支

收稿日期:2004-08-13

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(40234041)

作者简介:张国伟(1939—),男,教授,中国科学院院士,从事构造地质、前寒武纪地质和造山带研究。

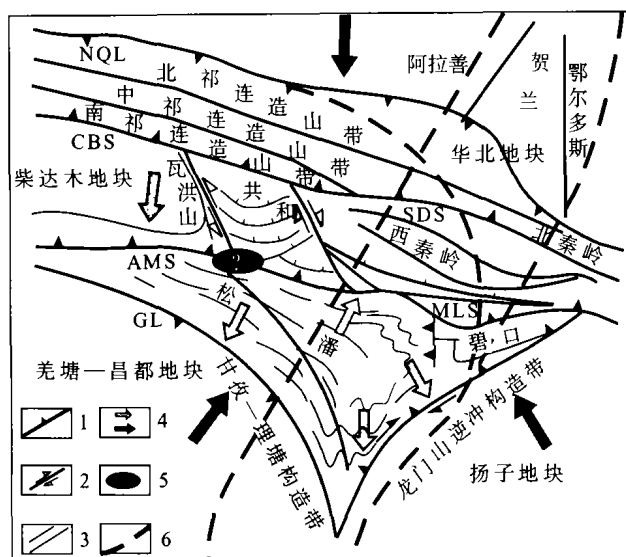


图1 西秦岭—松潘构造结构略图

Fig. 1 Sketch map of the western Qinling-Songpan tectonic node  
 1—构造结区主干断裂(包括古缝合带); 2—西秦岭和共和拗拉谷构造线; 3—松潘主要构造线; 4—区域构造主应力方向; 5—可能的热点及三联点; 6—贺兰—川滇南北构造带; CBS: 柴北缘古缝合带; SDS: 商丹古缝合带; KLS: 东昆中古缝合带; AMS: 阿尼玛卿古缝合带; NQL: 北祁连缝合带; MLS: 勉略古缝合带; GL: 甘孜—理塘缝合带。弯曲虚线表示青藏高原东北边界和贺兰—川滇南北构造带的东西边界范围

期中国大陆沿中央造山系完成其主体拼合过程中形成于东古特提斯域北缘和古亚洲域南侧的两大构造体系域交接部位。其动力学成因归结于控制中国大陆自古生代和中、新生代以来,由原、古特提斯与古亚洲构造体系到新特提斯阿尔卑斯—喜马拉雅、太平洋和古亚洲构造基础上的中、新生代环西伯利亚弧形构造等三大构造动力学体系<sup>[1~4]</sup>共同作用的结果,造成该区以华北地块、扬子地块、青藏高原三周围限的构造格局,内部则呈现三大构造动力学体系和三大构造体系域相互作用、复合叠加和交接转换的构造关系。故西秦岭—松潘构造结是在先期构造基础上主要于印支期奠定了其组成块体基本配置与构造格架,而印支期后又遭受中、新生代陆内构造强烈的复合叠加改造,最终形成现今的构造面貌。(3)构造结内部组成与结构复杂多样。具有以北、东、西三个边界和多个内部具体结点为构架,并有东西向横贯构造结的勉略—阿尼玛卿构造带为界划分为西秦岭与松潘南北两部分。显然它是由众多地块,包括分属华北、扬子等的鄂尔多斯、阿拉善、柴达木、松潘、昌都、羌塘、上扬子等地块以及介于商丹与勉略缝合带间的秦岭—大别微地块等,以不同方式、不同方向汇聚拼接所致。在多块体的聚集拼合过程中,形成同期和非同期的具有中小板块碰撞造山和板内

(陆内)造山等不同性质的造山作用和多种形式的复合造山类型,赋存、记录着丰富的大陆构造多样性交接转换关系的信息。(4)构造结赋存当代地学发展前缘丰富信息。西秦岭—松潘构造结的形成演化集中地反映了中国大陆多块体中小洋陆的拼合过程及其深部动力学,不同类型造山带(如板块碰撞造山与陆内造山)的特征、机制和彼此差异及内在关系等;多层次地记录了中国大陆构造的独特特征和中国大陆形成演化、大陆地质与大陆动力学在全球共性中的特异性,以及多块体拼合大陆所赋存的表征大陆属性、特性行为与增生、消减、非稳定状态下保存演化信息;同时蕴涵着有关不同构造域、板块、陆内块体间在同构造期或不同构造期,以及水平与垂向上彼此拼接、复合、转换关系等丰富多样的大陆地质与地球动力学的信息<sup>[5,6]</sup>。因而,该构造结成为研究中国大陆地质和大陆动力学关键地区和得天独厚的天然实验室,对其进行深入系统研究具有如下重要科学意义:①探讨中国大陆现今壳幔系统三维结构及其动力学特征和陆内(板内)构造变形;②研究中国大陆多块体拼合形成演化及其深部动力学与构造域时空转换和大陆动力学;③探索中、新生代构造和青藏高原隆升与地表过程的关系;④提供新的地质基础与成矿学术思路,充分开发利用与扩大资源,适应西部大开发的战略要求。

## 2 西秦岭—松潘构造结的组成与结构

在先前,尤其是新元古代和古生代加里东期构造基础上,西秦岭—松潘构造结主要是由华北、扬子和青藏羌塘板块及其所属的诸多微地块主导于印支期通过秦岭、昆仑、巴颜喀拉、龙门、贺兰等不同类型的、性质的造山带拼接转换而成。因此其组成极为复杂,但主体属于在前印支期地质构成基础上由海西—印支期地层、岩浆等造山带及其间的地块物质所组成。这些物质可概括为三类:(1)各类造山带物质;(2)造山带间相对稳定地块物质和(3)分散残余的先期地质体。它们几乎包含了所有地质时代的物质,但以晚古生代和中生代三叠纪物质为主。这些物质在不同造山带与地块拼合交接中交织组合历经变动,构成构造结基本物质组成。

西秦岭—松潘构造结结构总体由三个边界所围限:近东西向的北部边界、近南北向的东侧边界和北西走向的西南边界。而构造结内部,以近东西向构

造为主导的中央造山系在构造结三角区北半部东西向横穿, 而贺兰—川滇构造则以近 SN 向叠加复合, 并以贺兰—六盘山、龙门、岷山、攀西裂谷带等近 SN 向构造为主导, 东西南北向构造两者呈近直角叠加交接。同时构造结西南部几乎 2/3 范围为青藏高原所跨越。而上述各构造又以不同形式向中心汇聚与交接转换导致形成复杂多样的共轴、非共轴的叠加复合构造图案, 尤以西秦岭一系列指向南的大型逆冲推覆构造和松潘地区的多种弧形构造为特色。构造结三个边界的相互交接在构造结内形成多个次一级的构造结点, 它们具体地代表了构造结内部主要的构造衔接转换部位。构造结边界与结点不仅决定了构造结的主要构造构架, 而且也是不同板块、块体相互作用、物质渗透交换与转换的动力学界面和壳幔物质与流体的地球化学剧烈相互作用的场所<sup>[7-9]</sup>。

## 2.1 西秦岭—松潘构造结的边界构造特征

### 2.1.1 构造结北界

构造结北界界定在西秦岭北缘的宝鸡—天水—临夏—拉脊山—柴北缘(或祁连南缘)一线。北界的确定主要是基于祁连造山带和柴北缘(或南祁连南缘)带(包括 UHP 岩带)及贺兰构造带与西秦岭造山带的交接对应关系。关于秦岭与祁连两造山带的交接关系历来存在分歧, 并且过去多注意两带构造的一一对接, 但据现有地质资料分析, 两者实际并非简单的一一对接, 而是呈现为巨大的斜接关系, 即西秦岭北界沿商丹带向西截切中、南祁连而与柴北缘或祁连南缘(实际祁连南缘与柴北缘间也是一个有待进一步探讨的复杂构造带)相对应。

地质和地球物理测深研究表明, 由大别北侧淮南、颖上向北的逆冲推覆断裂, 向西经秦岭北缘至宝鸡(李家楼), 再到祁连北缘存在一条基本连续的华北地块向南侧造山带之下俯冲、而造山带向北仰冲的巨型陆内俯冲带<sup>[10-12]</sup>。显然, 这涉及中生代晚期(K<sub>2</sub>)以来华北地块南缘巨大的陆内俯冲和中央造山系的急剧抬升问题, 因而关系到西秦岭—松潘北缘地带构造动力学与运动学指向以及相应的构造交接结构。同时关系到青藏高原隆升的动因, 即除主导来自南侧印度板块俯冲下插产生的推挤外, 尚有来自北侧的挤压, 其动力源应来自古亚洲构造域基础上发育的中、新生代环西伯利亚弧形构造动力体系。

在古亚洲构造域至迟到二叠纪发展演化完成之

后, 由于欧亚板块中的西伯利亚地块持续向南相对运动, 因之古亚洲构造体系域基础上, 又叠加形成了新的中、新生代环西伯利亚构造体系。环西伯利亚构造体系的产生和发展表明中、新生代以来中国大陆一直处于北方以环西伯利亚构造为代表的从深部到上部的向南挤压的区域构造动力学背景下<sup>[13]</sup>(图 2)。

### 2.1.2 构造结东界

东部边界可分作南北两部分。北部属东、西秦岭交接部位, 基本无明显分界。但引人注目的是①自文县—武都—徽成盆地—凤太—太白山岩体西北侧到关中盆地有一 NE30°~40°走向的走滑剪切断裂带(通常东、西秦岭的划分正是以此为据)。该带控制着一系列白垩系为主的中、新生代陆相盆地沿东西秦岭的交接处分布。②上述剪切带以西的礼县、宕昌、西和—一线沿近南北向发育 30 余处深源基性—超基性碱性岩体和上地幔包体, 时代为新近纪<sup>[14]</sup>。该深源岩浆带对应于贺兰—川滇南北构造, 无疑包含新构造、深部作用以及东、西部交接关系等至关重要信息。

东部边界南部则以龙门山为界。多数研究者认为, 龙门山是四川盆地与松潘地块间的一个指向东南的印支期逆冲推覆构造<sup>[15,16]</sup>。最近王二七提出了走滑逃逸的构造观点<sup>[17]</sup>。现有地球物理测深资料<sup>[15,18]</sup>反映出龙门山上部向东南侧盆地逆冲推覆和滑覆, 而深部则表现为松潘岩石圈向扬子板块的深俯冲, 扬子板块呈楔状鳄鱼型插入松潘岩石圈中, 从而表明扬子地块总体自东南向西北挤压推覆, 形成地壳自江南带至华蓥山一系列指向西北的弧形隔档与隔槽式褶皱与逆冲推覆断裂构造, 并隔川中和龙泉山断裂带与川西形成对冲构造格局。扬子板块向西北的大规模推挤运动, 导致构造结内松潘地块因受压收缩上部向东南推移扩展, 而深层则向扬子板块下部排泄挤入, 并有相对向北东的走滑运动。

### 2.1.3 构造结西界

西部边界由两部分组成, 西南部分以松潘地块的西南边界即甘孜—理塘印支期碰撞缝合带为具体界线, 并以甘孜—理塘断裂为主界面的自西南向东北的逆冲推覆为特征。南端构造结点康定至木里一带表现为一系列指向南的弧形构造, 显示自北而南的非均一逆冲推覆运动, 并为西侧甘孜—理塘等一系列自西而东的逆冲推覆构造与左行走滑断裂所截切<sup>[16]</sup>。这一构造格局说明: ①昌都—羌塘地块向北

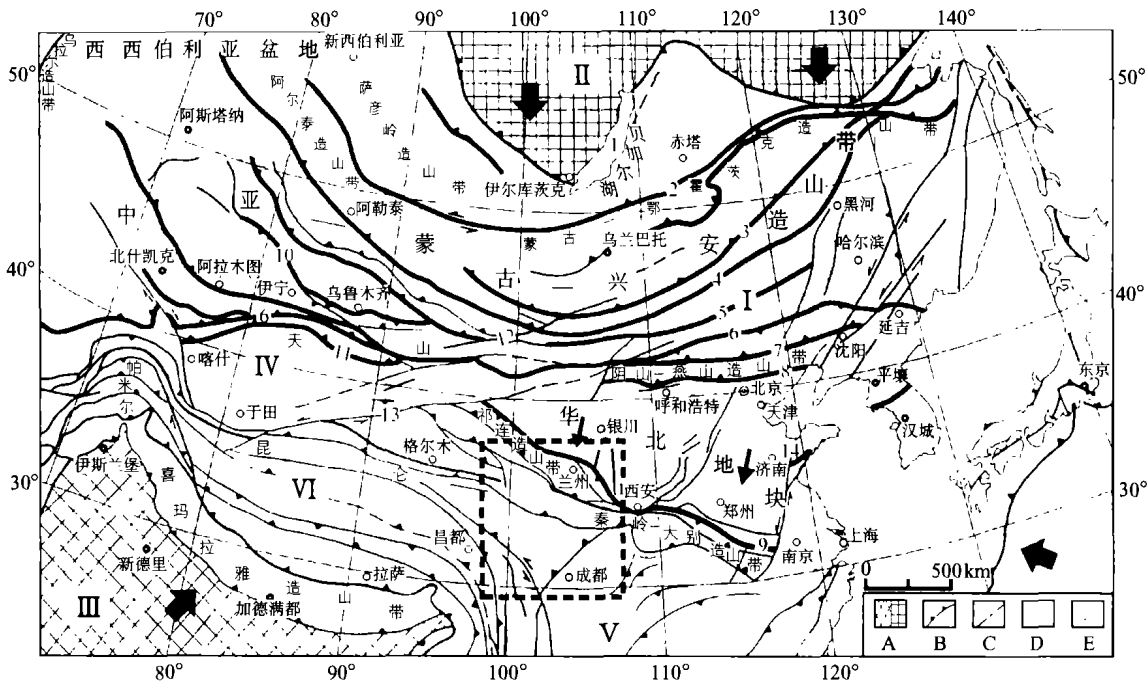


图 2 中、新生代环西伯利亚构造体系域

Fig. 2 Mesozoic-Cenozoic circum-Siberia tectonic system

I: 中生代环西伯利亚陆内构造体系域(范围中包括中国华北、准噶尔地块和内蒙古东北诸地块群,蒙古、中亚哈萨克斯坦、西伯利亚地块南侧俄罗斯诸地块群); II: 西伯利亚地块; III: 印度地块; IV: 塔里木地块(包括扬子与华夏地块); VI: 喜马拉雅造山带与青藏高原。1: 贝加尔裂谷带; 2: 蒙古-鄂霍茨克中生代造山带; 3: 额尔古纳-中蒙古断裂构造带; 4: 额尔齐斯-兴安岭复合断裂构造; 5: 斋桑-阿尔曼太-克拉麦里-二连浩特中、新生代逆冲推覆断裂构造带; 6: 乌拉尔-尼古拉耶夫线-中天山南缘-内蒙古-延吉中、新生代复合构造带; 7、8: 阴山-燕山南北缘推覆与伸展剥离复合构造带; 9: 祁连-秦岭-大别北缘指向南的陆内俯冲构造带; 10: 天山北缘-博格达-北山中新生代复合构造带; 11: 天山南缘逆冲推覆构造带; 12: 北山剪切走滑断裂带; 13: 阿尔金剪切走滑断裂构造带。A: 克拉通地块; B: 主要新生代活动断裂构造带; C: 剪切走滑断层; D: 中、新生代环西伯利亚陆内构造体系域中有有关的中、新生代盆地; E: 图中大陆范围底色为白色,加 D 图例盆地符号部分为中、新生代环西伯利亚陆内构造体系域。虚线方框为西秦岭-松潘构造结范围,粗线代表中、新生代环西伯利亚构造体系

东的收缩推挤造成松潘地块西南侧的东北向俯冲碰撞和陆内逆冲及伴随的变形叠置。②青藏高原自先期古特提斯、新特提斯至今,总体是印度洋板块向西藏板块(包括冈底斯、羌塘等地块)下的俯冲碰撞和深部岩石圈向北的运动,而地表总体是向印度板块的逆冲推覆,均表现为主体向南推移。但在统一大背景下,也存在地壳上层的反向运动。特别是松潘地块西南侧以金沙江、甘孜-理塘缝合带等构造为代表,显示了地壳物质向松潘地块的挤压推覆。羌塘地块则由其南北边界(澜沧江和金沙江等)的反向逆冲推覆而成扇形抬升<sup>[16,19]</sup>。③构造结松潘南端构造结点区呈现出多种构造与造山作用的复合汇聚转换形式。

构造结西边界的北半部属于西秦岭与东昆仑、柴达木、祁连山的交接转换的重要部位,具体的界线放置于柴达木地块东缘印支期瓦洪山构造岩浆岩带(图 1)。晚古生代至印支期的瓦洪山岩浆岩带是共和拗拉槽与昆南阿尼玛卿带与秦岭南缘勉略带共同

形成的三联点构造的基本组成部分(详见于后)。

## 2.2 西秦岭-松潘构造结内部构造特征

构造结内部结构突出的主干构造是勉略-阿尼玛卿构造断裂带,即连接东昆仑与秦岭南缘的原勉略古缝合带和现今的勉略逆冲推覆构造带。已如前述,勉略-阿尼玛卿构造带将构造结一分为二:北部西秦岭和南部松潘构造区。西秦岭以一系列近东西向延伸指向南的弧形逆冲推覆构造为主导(图 3),而松潘部分则以平行边界的三向俯冲和三向弧形逆冲推覆构造为特色(图 1)。虽然目前对两者的构造关系解释尚有不同认识<sup>[4,16~20]</sup>,尚需研究,但我们认为这是一个在印支期俯冲碰撞缝合带基础上叠加中新生代陆内逆冲推覆的复合构造带,对构造结形成演化具有重要意义。

构造结内的主体构造则是由包括中央造山系与南北构造带在内的不同造山带与地块交接而成的多个具体构造结点。主要有东北结点、东南结点和西南结点及南端结点等。它们代表了构造结内不同构

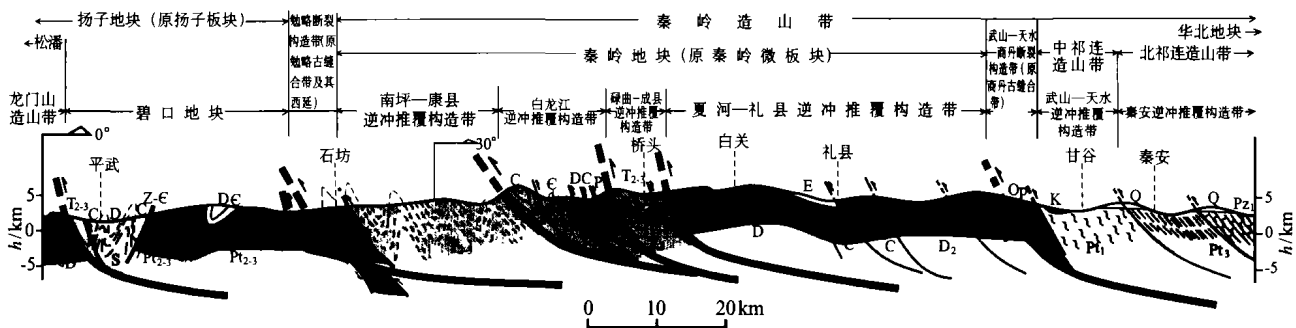


图3 西秦岭—松潘构造结平武—礼县—甘谷构造剖面图

Fig. 3 Pingwu—Lixian—Gangu cross section in the the western Qinling—Songpan tectonic node

造衔接转换的关键部位,同时决定了构造结内部的基本构造构架。

### 2.2.1 勉略—阿尼玛卿构造带及两侧的西秦岭造山带和松潘地块

关于东昆仑南缘与秦岭南缘连接方式,历来有争议<sup>[16,17,19,21,22]</sup>。近年来,通过秦岭等项目的系统研究,证明从东昆仑南缘玛沁、德尔尼至南坪、康县接勉略,确实曾存在一个于印支期碰撞闭合的晚古生代—早中三叠世的有限洋盆<sup>[4,13,23,24]</sup>。因此,在西秦岭—松潘构造结内部格架中,存在昆仑花石峡—玛沁至秦岭南缘勉略地区的一古碰撞造山缝合带,后又叠加陆内构造形成现勉略—阿尼玛卿构造带,并成为横贯构造结东西的主干构造<sup>[25]</sup>。故造成西秦岭总体呈现为一系列沿勉略带向松潘逆冲推覆的巨型构造,而松潘则向北俯冲其下。并由于碧口地块和若尔盖隐伏地块东西两侧的阻挡,西秦岭构造以一系列弧形构造向南运动,而松潘地块东侧,又因龙门山构造而形成一系列中小型弧状构造。同时由于川中—汉南地块向秦岭强力推挤,碧口地块向西逃逸,因受西侧若尔盖地块阻拦,两者相向对挤形成岷山南北向构造。这可由岷山南北向构造仅出现于两地块间而不南延得到证明。

显然,上述勉略—阿尼玛卿带及其两侧构造特征和区域构造以及地球物理测深资料表明,西秦岭—松潘构造结总体从深部到地表处于三面围限汇聚的构造格局中。而这一构造格局突出地表现于松潘地区。它们应是构成中国大陆的主要地块在此会聚、三大构造动力学体系相互作用引发地壳响应的集中反映。

### 2.2.2 东北构造结点

位于构造结东北隅宝鸡—天水—临夏地区,其北侧是华北地块,南侧与秦岭造山带毗邻。该结点是分隔鄂尔多斯盆地与阿拉善地块的SN向贺兰—

六盘山陆内构造带与EW—NW向的北秦岭、祁连造山带三者相衔接交汇部位(图4)。本结点涉及诸多有待解决的重要科学问题(其中有些问题正在研究),诸如北秦岭、祁连、贺兰三者的交接转换关系,尤其是秦岭造山带的商丹缝合带、弧后二郎坪带以及秦岭基底杂岩同北祁连、南祁连及柴北缘缝合带和中祁连前寒武纪结晶岩系的关系;柴北缘与大别超高压岩石是否为一带,是否通过该结点区;贺兰构造带是拗拉谷,还是其它构造属性<sup>[26,27]</sup>;该结点区的交接构造的几何学样式,以及构造、沉积古地理转

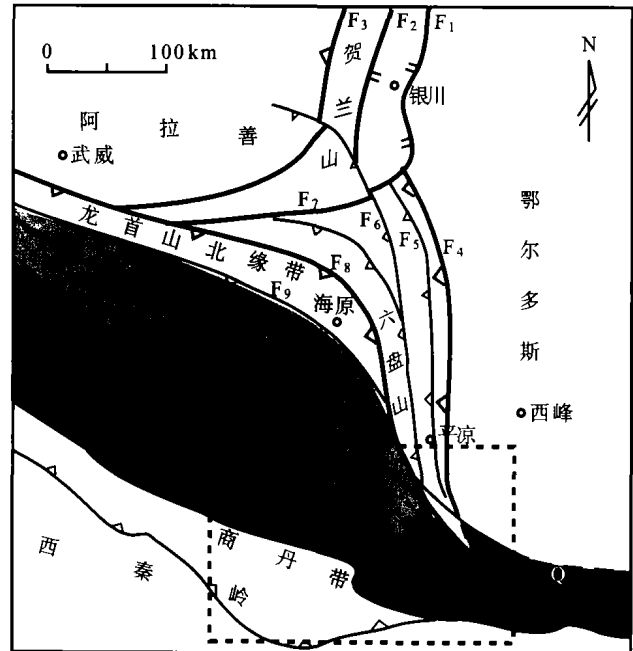


图4 西秦岭—松潘构造结东北(秦—祁—贺)构造结点区构造纲要图

Fig. 4 Regional tectonics of Northeastern node (conjunction area of Qinling—Qilian—Helan orogens) in the western Qinling—Songpan tectonic node

F<sub>1</sub>—黄河断裂; F<sub>2</sub>—贺兰山断裂; F<sub>3</sub>—小松山断裂; F<sub>4</sub>—惠安堡—沙井子断裂; F<sub>5</sub>—青龙山—平凉断裂; F<sub>6</sub>—青铜峡—固原断裂; F<sub>7</sub>—中卫—中宁断裂; F<sub>8</sub>—清水河断裂; F<sub>9</sub>—西华山—六盘山断裂; F<sub>10</sub>—兰州—宝鸡断裂。图中虚线方框代表项目重点研究区

换关系, 比如该区的泥盆系大草滩群、舒家坝群与东秦岭北部的刘岭群、草滩沟群等的交接转换关系与属性等<sup>[4, 28~30]</sup>。它们都涉及到古亚洲与古特提斯构造以及洋-陆、陆-陆和陆内构造的交接转换关系等重要问题, 本文对此不作一一论述, 将有另文发表。

2.2.3 东南构造结点

位于陕甘川三省交界地区, 是东、西秦岭, 龙门, 松潘, 东昆仑诸造山带的交接汇聚区(图 5)。该结点内秦岭南缘勉略带西与东昆仑、东南与龙门山、碧口系、岷山等南北构造<sup>[22]</sup>以及西南与松潘若尔盖等地块的交接转换关系引人注目。同时, 本结点亦是中国大陆 SN 向川滇—贺兰构造与中央造山系的具体交接位置。主要涉及的科学问题有: 东、西秦岭交接与龙门造山带的关系, 包括现今交接的构造几何学关系以及晚古生代到中三叠纪时期古秦岭勉略洋盆的形成关闭与龙门山和攀西裂谷发生发展的时空关系; 碧口地块是原位, 还是从松潘移位插入秦岭, 或是从秦岭向松潘逃逸<sup>[17]</sup>, 也将另文专门论述。

2.2.4 西南构造结点和南端结点

西南构造结点区位于青海共和盆地, 西以构造结西界(即瓦洪山构造岩浆带)与柴达木地块接界, 东以三叠系多福屯火山岩带为界与西秦岭相邻,

南为勉略—阿尼玛卿带, 北以青海湖南山断裂与祁连造山带相望(图 6)。该结点属东昆仑带、松潘地块与西秦岭、柴达木地块以及东昆仑、西秦岭与北侧祁连造山带的交接转换部位, 构造意义十分重要。该结点的关键问题是西秦岭的西延与东昆仑的衔接以及它们在此转换的构造形式。

根据初步研究揭示, 该结点的主体构造可能属于秦—昆三联点构造<sup>[31]</sup>。结点内的构造、岩石、地球化学、同位素年代学和沉积学的综合证据表明, 该三联点构造发端于泥盆纪, 其三联点东西支构造发展成 C<sub>1</sub>—P<sub>1</sub> 勉略—阿尼玛卿有限洋盆<sup>[25, 32]</sup>, 而向北伸向陆内的夭折的一支为共和拗拉谷, 它可能延伸至柴北缘与南祁连间的宗务隆构造带。这一拗拉谷的发育截断了当时西秦岭与东昆仑的联系。共和拗拉谷内沿苦海—赛什塘—拉龙洼一线所发育的泥盆纪中酸性火山岩到镁铁—超镁铁质岩石序列, 表明该拗拉槽的开裂的过程及其程度类似于红海地区的 Afar 裂陷<sup>[33]</sup>。基本上与阿尼玛卿有限洋盆通过向北的俯冲碰撞活动同步, 共和拗拉谷于印支期通过沿构造结西界位置向柴达木地块下的俯冲而最终碰撞闭合。伴随整个共和拗拉谷的开裂到碰撞闭合过程, 其演化可分作前拗拉谷与三联点初始构造演化、

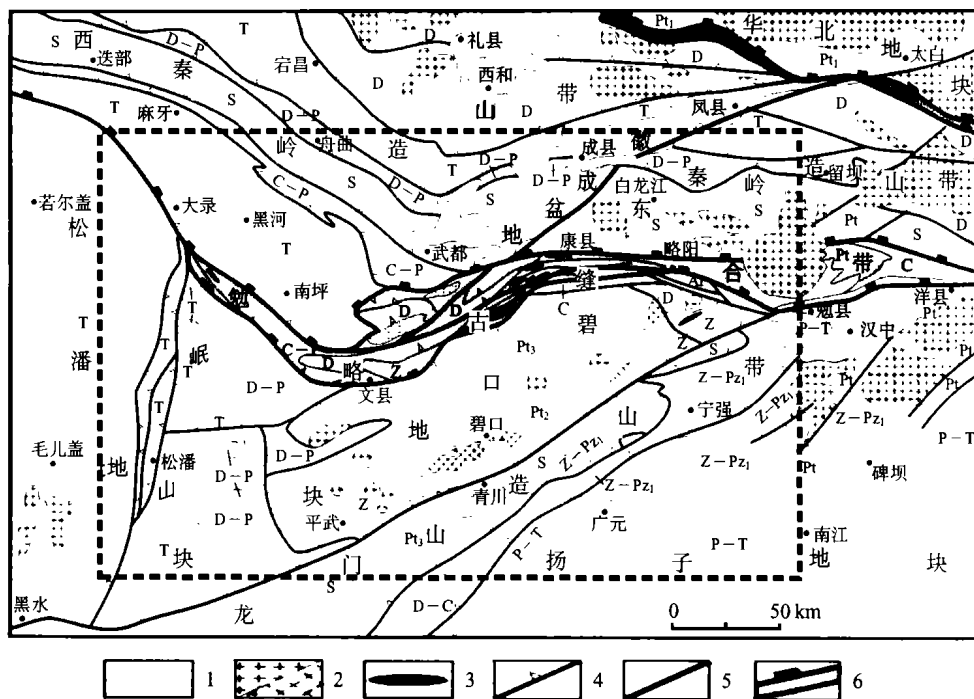


图 5 西秦岭—松潘构造结东南秦岭—松潘—龙门山构造结点区构造略图  
 Fig. 5 Outlined tectonics of Southeastern node (conjunction area of Qinling-Songpan-Longmen orogens) in the western Qinling-Songpan tectonic node  
 1—中生代沉积盆地; 2—花岗岩/辉长闪长岩; 3—火山岩构造岩块; 4—逆冲断层;  
 5—古缝合带主边界逆冲断层; 6—古缝合带范围; 图中虚线方框为东南构造结点研究区

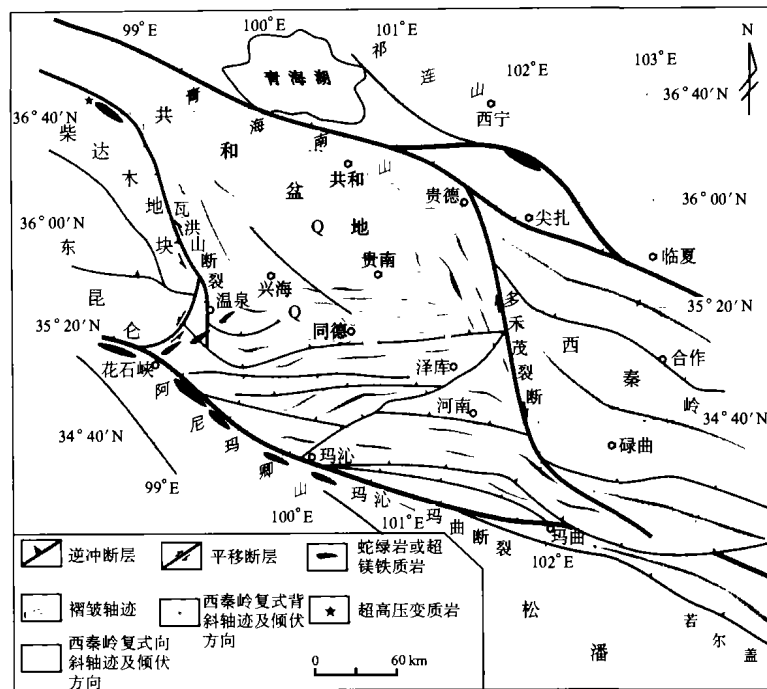


图 6 西秦岭—松潘构造结西南(西秦岭—东昆仑—瓦洪山)构造结点构造图

Fig. 6 Outlined tectonics of Southwestern node (conjunction area between western Qinling and eastern Kunlun orogens and Wahongshan Mts.) in the western Qinling—Songpan tectonic node

拗拉谷发展及消亡、后拗拉谷及陆内构造演化三大阶段(也将有专文讨论,本文从略)。

西秦岭—松潘构造结南端呈现甘孜—理塘带与龙门构造带聚结交汇所形成的具体构造结点,成为整个构造结倒三角形南端的一个交接点。在其交接顶点内部,形成一系列指向南的弧形构造和逆冲推覆与走滑构造,它们又与川滇南北构造叠加复合,构成复杂的南端结点构造。

### 3 秦岭—松潘构造结的时空演化

综合构造结印支主期的形成演化及各主要构造带与块体间的转换交接关系以及印支期后陆内造山过程,构造结的演化可概括为:(1)晚古生代—印支期构造结主要形成时期的洋陆格局;(2)印支期构造结拼合形成的基本构造格架与交接转换关系;(3)西秦岭—松潘构造结中、新生代陆内构造。

#### 3.1 印支期构造结形成主期的洋陆格局

晚古生代至中生代初期,即海西—印支期是中国现今大陆主体拼合形成的主要完成时期。北方的古亚洲洋最迟沿天山—内蒙古索伦山—林西—吉南一线于石炭纪—早二叠世(C—P<sub>1</sub>)关闭而完成华北、塔里木与西伯利亚陆块(包括先期与之拼合的诸多地块)的最后拼合<sup>[4,25,34]</sup>,中国北方统一成为劳亚

大陆的组成部分;而统一的北方大陆与冈瓦纳大陆之间则是古特提斯洋域。关于东古特提斯洋域的性质与规模历来有争议,但愈来愈多的事实证明东古特提斯并非像太平洋那样浩瀚开阔,而是一个包含众多中小陆块、地体、微板块及其之间分支交错组合的有限洋盆、小洋盆及洋陆过渡的海盆等构成的洋陆间列复杂组合的洋陆格局的海域,以非开阔多类型中小洋盆和陆块兼杂分支组合并存为特征。

例如,经初步构造恢复重建,西秦岭—松潘及邻区印支期的洋陆格局,显现出在东古特提斯洋域中,以滇藏的龙木错—双湖—澜沧江—昌宁—孟连为主洋盆和金沙江、甘孜—理塘、阿尼玛卿、勉略乃至尚无最终完全封闭的秦岭商丹残余洋盆等各分支有限洋盆,分隔出羌塘、昌都、思茅、保山、松潘、秦岭一大别等众多微板块和地体,呈现为一种洋陆兼杂并存的复杂格局。同时,在众多地块内,从晚泥盆世到二叠纪,伴随区域东古特提斯深部背景下的扩张,出现攀西裂谷、峨眉玄武岩等的广泛喷发,龙门山裂陷,贺兰山裂陷,共和拗拉谷,以及扬子地块内广泛的裂陷槽等,导致陆块内形成诸多虽未被洋盆分隔但已呈相对独立的地块,如松潘地块从扬子陆块的分裂等。正是在这一北方形成统一大陆,而南方处于纷繁复杂的东古特提斯区域洋陆格局下,东古特提斯诸陆块沿中央造山系,特别是在西秦岭和松潘区域

内聚集拼合的大背景下,最终在中国大陆完成南北主体拼合过程中造就出了西秦岭—松潘构造结。

### 3.2 印支期构造结的交接拼合构造

现今西秦岭—松潘构造结的结构面貌是长期形成演化的综合结果。筛除其中的中、新生代叠加构造,恢复印支期形成的构造结的原始构造格架,重点是在确定印支期构造结及周边的洋陆格局,即勉略、昆南、甘孜—理塘、商丹等洋盆和共和、贺兰、龙门等裂隙槽或拗拉谷发展演化基础上,研究洋陆和陆内各不同构造如何封闭交接,物质与结构的转换形式等,因为它们最终奠定了构造结的基本构造构架与样式。概括其基本特点是:①构造结的印支期构造交接转换格局反映出代表了中国大陆主体拼合过程的最终完成,并在此后中国大陆构造主体转入陆内构造演化阶段。②构造结以多种不同构造交接转换形式使同时代和不同时代的各类造山带彼此汇聚交接,包括构造结北缘在北祁连—北秦岭加里东构造基础上,斜向交接商丹带的洋—陆、陆—陆的拼接转换;西南缘以共和三联点构造为纽带完成东昆仑、西秦岭和柴达木地块及南祁连间的彼此交接;东南缘和南端的秦岭、松潘、扬子及羌塘间的洋陆与陆内构造的交叉叠加、斜接、共轴复合连接、垂向交切与过渡等多种形式的结构和物质的交接转换。印支期构造交接最终又遭受青藏高原新生代形成和隆升的叠加复合改造。

总之,印支期西秦岭—松潘构造结是在古亚洲洋已封闭与构造域形成、东古特提斯洋封闭与构造域形成及太平洋打开与俯冲的全球及区域构造背景下,受深部至浅部壳幔长期作用三面围限汇聚的动力驱动,以洋—陆俯冲碰撞、陆—陆俯冲碰撞、陆内构造等多种形式在完成中国大陆主体拼合过程中,通过不同块体的汇聚、交接和转换最终形成了现今的西秦岭—松潘大陆构造结。构造结以其独特的大陆交接拼合构造成为中国大陆地质的重要构造形式为地学界所关注。

### 3.3 西秦岭—松潘构造结中新生代陆内构造(板内变形或陆内造山)

构造结内中、新生代构造突出,主要表现为四期:①印支期后广泛的后造山伸展塌陷,广泛形成山间裂陷型侏罗系盆地,并常是较大的山间含煤盆地,如玛沁、勉县、武都等地的侏罗系聚煤盆地。②晚侏罗世一早白垩世区域的强烈逆冲推覆构造,常可见上述含煤盆地被老地层逆掩,并强烈褶皱断裂变形。

③晚燕山期,区内又一次发生广泛伸展而形成更为广泛的分散的白垩纪到第三纪断陷红色陆相盆地,并常有沿走滑断裂而呈拉分盆地型斜列分布,如东、西秦岭交界地区的太白—东河—徽成一武都北东一线的白垩系盆地。④新近晚期至第四纪,伴随青藏高原碰撞造山和高原隆升,不同构造部位与地带再次发生挤压推覆或拉伸断陷。特别值得重视的是新生代以来,尤其新近纪以来,构造结区随着青藏高原隆升,形成自高原至外部的三级过渡型地形地貌与相应的生态环境系统,独具特征。其中分别位于高原区、过渡区和外部区三个地带的中、新生代盆地的沉积、变形和河谷地貌等,都真实而确切地记录了高原隆升跨越构造结与新构造的细节过程,诸如玛沁、共和、循化、贵德等高原内盆地,临夏、宕昌、武都等过渡带盆地和徽成、东河等高原外盆地等,它们成为该区对比研究青藏高原隆升,构造结中、新生代新构造与现代地表系统形成的重要场所。

在国家自然科学基金资助下,西秦岭—松潘构造结的研究正在深入系统地进行。本文所反映的阶段性成果属于研究群体的共同成果。新的成果将会陆续出现,我们将及时报道,以供商讨研究。

### References[参考文献]:

- [1] WANG Hongzhen, MO Xuanxue. An outline of the tectonic evolution of China[J]. *Episodes*, 1995, 18(1-2): 6-16.
- [2] WU Gongjian, XIAO Xuchang, LI Tingdong. Expose the uplift of Qinghai-Tibet Plateau; Yadong-Golmud geoscience transect in Qinghai-Tibet Plateau, Chian[J]. *Earth Science*, 1996, 21(1): 34-40(in Chinese). [吴功建,肖序常,李廷栋. 揭示青藏高原的隆升——青藏高原亚东—格尔木地学断面[J]. *地球科学*, 1996, 21(1): 34-40.]
- [3] XIAO Xuchang, LI Tingdong, LI Guangcen, et al. *Tectonic Evolution of Himalayan Lithosphere* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1988. 1-236 (in Chinese). [肖序常,李廷栋,李光岑,等. 喜马拉雅岩石圈构造演化(总论) [M]. 北京:地质出版社,1988. 1-236.]
- [4] ZHANG Guowei, ZHANG Benren, YUAN Xuecheng, et al. *Qinling Orogenic Belt and Continental Dynamics* [M]. Beijing: Science Press, 2001. 1-855(in Chinese). [张国伟,张本仁,袁学诚,等. 秦岭造山带与大陆动力学[M]. 北京:科学出版社,2001. 1-855.]
- [5] BURCHFIEL B C, DENG Q, MOLNAR P, et al. Intra-crustal detachment with zones of continental deformation[J]. *Geology*, 1989, 17: 748-52.
- [6] ROYDEN L. Coupling and decoupling of crust and mantle in

- convergent orogens; Implications for strain partitioning in the crust[J]. *J Geophys Res*, 1996, 101:17679-17685.
- [7] LACASSIN R, REPLUMAS A, LELOUP P H. Hairpin rover loops and slip-sense inversion on southeast Asian strike-slip faults[J]. *Geology*, 1998, 26:703-706.
- [8] LARSON K, BURGMANN R, FREYMUELLER JT. Kinematics of the India-Eurasia collision zone from GPS measurements[J]. *J Geophys Res*, 1999, 104: 1077-1093.
- [9] VAN der J WOERD, RYERSON F J, TAPPONNIER P, et al. Holocene left-slip rate determined by cosmogenic surface dating on the Xidatan segment of the Kunlun fault (Qinghai, China)[J]. *Geology*, 1998, 26: 695-698.
- [10] ZHANG Guowei, MENG Qingren, YU Zaiping, et al. Orogenesis and dynamic of the Qinling Orogen[J]. *Science in China (Series D)*, 1996, 39(3):225-234.
- [11] YUAN Xuecheng. Velocity structure of the Qinling lithosphere and mushroom cloud model[J]. *Science in China (Series D)*, 1996, 39(3):235-244.
- [12] GAO Rui, CHENG Xiangzhou, DING Qian. Preliminary geodynamic model of Golmud-Ejin geoscience transect[J]. *Acta Geophysica Sinica*, 1995, 38(Suppl): 3-14(in Chinese). [高锐,成湘洲,丁谦. 格尔木—额济纳旗地学断面地球动力学模型初探[J]. 地球物理学报, 1995, 38(增刊):3-14.]
- [13] ZHANG Guowei, DONG Yunpeng, YAO Anping. Some thoughts on study of continental dynamics and orogenic belt [J]. *Geology in China*, 2002, 29(1): 7-13(in Chinese). [张国伟,董云鹏,姚安平. 关于中国大陆动力学与造山带研究的几点思考[J]. 中国地质, 2002, 29(1):7-13.]
- [14] YU Xuehui, MO Xuanxue, LIAO Zhongli et al. Temperature and pressure condition of garnet lherzolite and websterite from west Qinling, China[J]. *Science in China (Series D)*, 2001, 44(Suppl):155-161.
- [15] LUO Zhili. *Uplift of Longmen Mountain Orogenic Belt and the Formation and Evolution of Sichuan Basin*[M]. Chengdu: Press of Chengdu University of Science and Technology, 1994. 1-564(in Chinese). [罗志立. 龙门山造山带的崛起和四川盆地的形成与演化[M]. 成都:成都科技大学出版社, 1994. 1-564.]
- [16] XU Zhiqin, HOU Liwei, WANG Zongxiu, et al. *Orogenic processes of the Pongpan-Garze Orogenic belt of China*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992. 1-190(in Chinese). [许志琴,侯立玮,王宗秀,等. 中国松潘—甘孜造山带的造山过程[M]. 北京:地质出版社, 1992. 1-190.]
- [17] WANG Erqi, MENG Qingren, CHEN Zhiliang, et al. Early Mesozoic left-lateral movement along the Longmen Shan fault belt and its tectonic implications[J]. *Earth Science Frontiers*, 2001, 8(2):375-384(in Chinese). [王二七,孟庆任,陈智梁,等. 龙门山断裂带印支期左旋走滑运动及其大地构造成因[J]. 地学前缘, 2001, 8(2):375-384.]
- [18] YUAN Xuecheng. The crustal structure of the Qinling orogen and wedging mountain building[J]. *Acta Geologica Sinica*, 1997, 71(3):227-235(in Chinese). [袁学诚. 秦岭造山带地壳构造与楔入成山[J]. 地质学报, 1997, 73(3):227-235.]
- [19] PAN Guitang, CHEN Zhiliang, LI Xingzhen, et al. *Geological Tectonic Evolution in the Eastern Tethys*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997. 1-218(in Chinese). [潘桂棠,陈智梁,李兴振,等. 东特提斯地质构造形成演化[M]. 北京:地质出版社, 1997. 1-218.]
- [20] JIANG Chunfa, WANG Zongqi, LI Jinyi, et al. *Opening-closing Tectonics of the Central Orogenic Belt*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000. 1-153 (in Chinese). [姜春发,王宗起,李锦铁,等. 中央造山带开合构造[M]. 北京:地质出版社, 2000. 1-153.]
- [21] LI Chunyu, LIU Yangwen, ZHU Baoqing, et al. Tectonic evolution of Qinling and Qilian mountains[A]. *International Collected Geological Research Works*[C]. Beijing: Geological Publishing House, 1978. 174-187. [李春昱,刘仰文,朱宝清,等. 秦岭及祁连构造发展史[A]. 国际交流地质学术论文集(区域构造、地质力学)[C]. 北京:地质出版社, 1978. 174-187.]
- [22] BURCHFIELD B C, CHEN Z, LIU Y, et al. Tectonics of the Longmen Shan and adjacent regions, central China[J]. *Int Geol Rev*, 1995, 37:661-735.
- [23] LI Shuguang, SUN Weidong, ZHANG Guowei, et al. Chronology and geochemistry of metavolcanic rocks from Heigouxia Valley in the Mian-Lue tectonic zone, South Qinling—Evidence for a Paleozoic oceanic basin and its close time[J]. *Science in China (Series D)*, 1996, 39(3): 300-310.
- [24] XU Jifeng, HAN Yinwen. High radiogenic Pb-isotope composition of ancient MORB-type rocks from Qinling area—Evidence for the presence of Tethyan-type oceanic mantle[J]. *Science in China (Series D)*, 1996, 39(Suppl):33-42.
- [25] ZHANG Guowei, DONG Yunpeng, LAI Shaocong, et al. Mianlue tectonic zone and Mianlue suture zone on southern margin of Qinling-Dabie orogenic belt[J]. *Science in China (Series D)*, 2004, 47(4): 300-316.
- [26] HUANG Jiqing, REN Jishun, JIANG Chunfa, et al. *Evolution of China's Tectonics*[M]. Beijing: Science Press, 1980 (in Chinese). [黄汲清,任纪舜,姜春发,等. 中国大地构造及其演化[M]. 北京:科学出版社, 1980.]
- [27] SENGOR A M C. Plate tectonics and orogenic research after 25 years: A Tethyan perspective[J]. *Earth Science Reviews*, 1990, 27: 1-201.
- [28] HUANG Jiqing, CHEN Bingwei. *The Evolution of Tethys in China and Adjacent Regions* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987. 1-109 (in Chinese). [黄汲清,陈炳蔚. 中国及邻区特提斯海的演化[M]. 北京:地质出版社, 1987. 1-78.]
- [29] XIA Linqi, XIA Zuchun, ZHAO Jiangtian, et al. Determination of properties of Proterozoic continental flood basalts of western part from North Qilian Mountains[J]. *Science in*

- China* (Series D), 1999, 42(5):506-514.
- [30] DU Yuansheng. Sedimentary geology and dynamic sedimentology of the Devonian strata in the west Qinling orogenic belt: Devonian palaeogeography, stratigraphic sequences and tectonic revolution[J]. *Sedimentary Facies and Palaeogeography*, 1996, 16(1):51-70(in Chinese). [杜远生. 西秦岭造山带泥盆纪沉积地质学和动力沉积学研究: 古地理、地层层序和构造演化[J]. *岩相古地理*, 1996, 16(1):51-70.]
- [31] SUN Yangui, ZHANG Guowei, WANG Jin, et al.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age of the basic sill swarms of two periods in the junction area of Qinling and Kunlun and its tectonic significance[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2004, 78(1):65-71 (in Chinese). [孙延贵, 张国伟, 王谨, 等. 秦昆结合区两期基性岩墙群  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  定年及其构造意义[J]. *地质学报*, 2004, 78(1):65-71.]
- [32] ZHANG Kexin, LIN Qixiang, ZHU Yunhai, et al. Fossils evidence for timing of mélange of the eastern Kunlun and tectonic significance[J]. *Science in China* (Series D), 2004, 34(3): 210-218(in Chinese). [张克信, 林启祥, 朱云海, 等. 东昆仑东段混杂岩建造时代厘定的古生物新证据及其大地构造意义[J]. *中国科学(D辑)*, 2004, 34(3):210-218.]
- [33] LAHITTE P, PIERRE-YVES G, VINCENT C. Silicic central volcanoes as precursors to rift propagation: The Afar case[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2003, 207: 103-116.
- [34] WANG Hongzhen, MO Xuanxue. Outline of China's geological tectonics[J]. *Chinese Geology*, 1996, 8: 4-9 (in Chinese). [王鸿祯, 莫宣学. 中国地质构造述要[J]. *中国地质*, 1996, 8:4-9.]

## Western Qinling—Songpan continental tectonic node in China's continental tectonics

ZHANG Guo-wei, GUO An-lin, YAO An-ping

(The Key Laboratory of Continental Dynamics, Ministry of Education; Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China)

**Abstract:** The western Qinling—Songpan tectonic node situated in the central China continent is an enormous structure on the crustal scale. During the completion of main amalgamation of China continent and under the coactions of the Alps—Himalayas, the Pacific ocean and the circum Siberia tectonic dynamic systems, the node was formed through various conjunction and transformation of different orogens and massifs that constitute the China continent. The tectonic node represents a key tectonic domain covering the conjunction and transformation area among the east-west striking Central Orogenic System, nearly south-north striking Sichuan—Yunnan—Helan tectonic belt and the Qinghai—Tibet plateau formed during the Mesozoic and the Cenozoic. On the basis of the early structures, the node formed the eastern, western and northern boundaries and a number of specific nodes such as northeastern, southeastern, southwestern nodes. And the major structure of the Mianlue—A'nyemaqen tectonic belt divided the node into two major parts of western Qinling and Songpan. The western Qinling—Songpan tectonic node was formed during the Indosinian amalgamation of China continent and superposed by the post-Indosinian intracontinental structures. With the complex structures and constituents, the tectonic node provides an excellent site for study of China continental geology and continental dynamics.

**Key words:** western Qinling—Songpan tectonic node; three tectonic and dynamic systems; conjunction and transformation; Indosinian period; east paleo-Tethys domain